



Семенов С.С., Полтавский А.В., Маклаков В.В.

ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЗАДАЧА ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВ

Создание высококонкурентной продукции связано с принятием обоснованных и правильных решений, что может быть обеспечено применением системного подхода к созданию новой продукции и современных методов из области теории принятия решений. Одним из важнейших понятий системного анализа является понятие «принятие решений». В данной статье рассмотрены основные стадии жизненного цикла сложной технической системы (СТС), математическая постановка задачи принятия решений при создании СТС и условия по выбору методов решения задачи при анализе альтернативных решений. Показано значение процесса принятия решения на различных стадиях, при этом на основе современных представлений подробно описана процедура принятия решений, которая включает семь этапов – от целей решения проблемы и до ее реализации.

Ключевые слова: сложная техническая система, многоуровневые сложные технические системы, системный анализ, жизненный цикл, стадия жизненного цикла, процесс принятия решений, лицо принимающее решение, альтернативный вариант (альтернатива), показатели и критерии эффективности.

Введение

Теория принятия решений дает рецепт выбора линии поведения человека в различных ситуациях. По мере развития общества и информационных технологий усложняются условия, в которых оказывается человек.

Рациональная теория принятия решений призвана дать ответы на два вопроса:

- 1) Какие сведения существенные для данного выбора;
- 2) Как сопоставить их друг с другом, чтобы прийти к правильному заключению.

Основное свойство рационального решения – это оптимальность, т.е. при прочих равных условиях выбранный вариант должен иметь самую высокую оценку.

Этот простой принцип стремления к максимизации выигрыша и минимизации потерь представляется наиболее разумным в простых ситуациях [1]. В случае, когда мы имеем дело с техническими объектами (техническими системами), наши неправильные действия могут привести к невыполнению их основного назначения, потерям финансового и временного характера. В условиях

научно-технического прогресса, становления нового технологического уклада, основанного на новых и, прежде всего, информационных технологиях, выбор правильного и научно-обоснованного решения приобретает первостепенное значение.

Как в нашей стране, так и за рубежом разработана целая система мер по управлению и обеспечению выпуска качественной продукции. Возникла даже новая наука – квалиметрия, под которой понимают науку об измерении качества различных объектов [2, 3]. Данная наука основана на современных методах и моделях оценки качества и технического уровня (ТУ) создаваемой продукции и успешно развивается, о чем свидетельствует множество опубликованных статей в периодических изданиях и выпуск учебных пособий и монографий [4-8].

Применительно к продукции специального назначения в 1990-е годы был предложен метод оценки ТУ образцов вооружения и военной техники (ВВТ) с привлечением математических методов теории принятия решений и экспертных оценок [9], который затем получил применение и прошёл апробацию при оценке конкретных образцов ВВТ [10-12]. Данный метод, реализованный на компьютерных технологиях, вызвал широкое обсуждение среди ученых и специалистов оборонно-промышленного комплекса в силу простоты, доступности, надежности и оперативности получения результатов [13].

В данной статье рассмотрены особенности и уточнены основные понятия системного анализа, концепция к постановке задачи принятия решений и выбору альтернатив при создании сложных технических систем, а также основные этапы процесса принятия решений.

1. Особенности современных технических систем

В настоящее время технические системы, как правило, являются сложными, поэтому следует говорить о СТС, определение которым можно дать следующим образом: система – это внутренне организованная, на основе того или иного принципа, целостность, в которой все элементы настолько тесно связаны друг с другом, что выступают по отношению к окружающим условиям и другим системам как нечто единое [14]. Пока не существует формального и строгого определения понятия сложной или большой системы. Отметим основные свойства системы, которыми должен удовлетворять объект как СТС [15, 16]. Это признаки целостности и модульности объекта, наличие более или менее устойчивых связей (отношений) между элементами системы, при этом с системных позиций определяющими являются не любые связи, а только лишь существенные связи (отношения), которые определяют интегративные свойства систем, наличие интегративных свойств (качеств), присущих системе в целом, но не присущих ее элементам в отдельности, и организация (организованность) развивающихся систем, которая проявляется в структурных особенностях системы, сложности, способности сохранения системы и ее развития.

Системный анализ рекомендует начинать процесс принятия решений с выявления и четкого формулирования конечных целей, рассматривать проблему как единую систему и выявлять все последствия и взаимосвязи каждого частного решения, согласовывать цели подсистем с общей целью системы, выявлять и анализировать возможные пути достижения цели и выбирать из них наиболее эффективные.

Принимать решения приходится на всех стадиях жизненного цикла СТС. Согласно национальному российскому стандарту «Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем ISO/IEC 15288:2002» различают семь стадий жизненного цикла (табл. 1) [17]: стадия замысла; стадия разработки; стадия производства; стадия применения; стадия управления в поддержке применения; стадия прекращения применения и списания.

Таблица 1. Этапы жизненного цикла СТС, цель и варианты решений на этапах в соответствии с ГОСТ ИСО 15288-2002

Этапы жизненного цикла	Цель	Варианты решений
1. Замысел	– Определение потребности заказчиков – Исследование концепции – Формирование предложений по жизнеспособным решениям	– Исполнение следующего этапа – Продолжение стадии – Переход к предыдущему этапу
2. Разработка	– Уточнение требований к системе – Создание проекта решения – Построение системы – Проведение верификации и валидации системы	– Задержка в исполнении проекта – Остановка проекта
3. Производство	– Производство системы – Инспектирование и тестирование	
4. Эксплуатация	– Использование системы для удовлетворения нужд заказчиков	
5. Сопровождение	– Обеспечение поддерживаемых системных возможностей	
6. Снятие с эксплуатации	– Хранение, архивирование или списание системы	
7. Утилизация		

Примечание к табл. 1

Верификация (*verification*) – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены. Верификация в контексте жизненного цикла системы является совокупностью действий по сравнению полученного результата жизненного цикла системы с требуемыми характеристиками для этого результата. Результатами жизненного цикла могут являться (но не ограничиваются только ими) установленные требования, описание проекта и непосредственно система.

Валидация (*validation*) – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены. Валидация в контексте жизненного цикла системы является совокупностью действий, гарантирующих и обеспечивающих уверенность в том, что система способна выполнять заданные функции в соответствии с установленными целями и назначением в конкретных условиях функционирования.

Стадии могут применяться для построения структур, при помощи которых процессы жизненного цикла используются для моделирования непосредственно жизненного цикла. Масштабы и точность применения процессов в рамках описанных стадий и с учетом их продолжительности зависят от изменяющихся технических и деловых потребностей СТС (проекта), определяющих и использующих жизненный цикл. Пример информационной поддержки (ИП) СТС применительно к образцам ВВТ показан на рис. 1 [18].

2. Концепция к постановке задачи принятия решений и выбору альтернатив

Стратегия выбора может быть основана на предлагаемых комплексах методов, созданных моделей и алгоритмов, в которых задача принятия решений одна из самых распространенных в любой предметной области. При создании объектов СТС лицо, принимающее решение (ЛПР) сталкива-



Рис. 1. Реализация ИП-технологий на этапах жизненного цикла СТС:

ЕИП – единое информационное пространство, ИПИ – информационная поддержка изделий, ВТ – военная техника. Процесс решения задач с задачами принятия решений на этапах стратегического прогнозирования, планирования, распределения ресурсов и формирования (синтеза) альтернативных решений и пр. Решение таких задач сводится к выбору одного или нескольких лучших альтернативных вариантов из заданного набора множеств [19]. Для того чтобы сделать такой выбор, необходимо четко определить цель, задачи и критерии (совокупность показателей качества), по которым будет проводиться та или иная оценка для некоторого набора альтернативных вариантов.

Существует множество различных подходов к постановке задачи для выбора обоснованных решений при выборе объектов СТС [20]. Мы приведем один из альтернативных подходов применительно к критериально-экстремизационному выбору.

Пусть x – некоторое решение, возможные варианты которого определены на допустимом множестве X . Качество принимаемого решения ЛПР оценивается n скалярными критериями R_j , $j = 1, 2, \dots, n$, оценки по которым образуют вектор эффективности $r = r_1, \dots, r_n$. Этот вектор и связан с альтернативой x функциональным отображением $F: X \rightarrow R$, которое может быть задано аналитически, статистически или эвристически. Необходимо найти такое множество из лучших вариантов Y , удовлетворяющий требованиям (желаниям) следующего вида:

$$Y_x = \{ \forall y \in X : \exists X \in X : r(x) \succ r(y) \}.$$

При данной постановке предполагается, что критериальная оценка $r(x)$ для варианта x зависит только от этого варианта и совершенно не зависит от того, какие другие возможные варианты включены в множество X .

Технология постановки задачи управления в принятии решения при разработке СТС состоит из трех этапов: задача анализа и теоретические исследования к постановке задачи, разработка концепции и построение комплекса методов и математических моделей, непосредственно организацию самого процесса испытаний и возможности их внедрения. Содержание этапов представлено в табл. 2.

Выбор того или иного метода (или комплекса методов) для решения задачи зависит от количества и качества доступной информации. Такие данные, необходимые для осуществления концепции

Таблица 2. Технология постановки задачи управления и принятия решений при создании СТС

Этапы	Содержание этапов
Этап № 1. Теоретические исследования	Описание системы и построение моделей СТС Анализ моделей СТС Задача синтеза управления (оптимизация) СТС Исследование устойчивости решений
Этап № 2. Построение моделей	Идентификация моделей Имитационные эксперименты
Этап № 3. Внедрение	Анализ эффективности проекта и внедрение

научно-обоснованного выбора, которую можно разделить на четыре категории: информация об альтернативных вариантах, информация о критериях выбора, информация о предпочтениях, информация множества решаемых задач.

Следует уточнить, что показатель эффективности оценивает количественную степень достижения цели, а критерий эффективности является некоторым правилом, с помощью которого по данному показателю эффективности выбирается наиболее предпочтительный вариант СТС.

При выборе альтернатив важным этапом является процесс принятия решений. Этот процесс является сложным, состоящим из ряда этапов и недостаточно освещен в литературе по принятию решений.

3. Процедура принятия решений при разработке СТС

Рассмотрим непосредственно сам процесс принятия решений при формировании технического решения. В соответствии ГОСТ ИСО 15288-2002 ранее введено такое понятие как «процессы проекта», которые включают:

- процесс планирования проекта;
- процесс оценки проекта;
- процесс контроля проекта;
- процесс принятия решений;
- процесс управления рисками;
- процесс управления конфигурацией;
- процесс управления информацией.

Процессы проекта используются для установления и выполнения планов, оценки фактических достижений и продвижений проекта в соответствии с планами и для контроля выполнения проекта вплоть до его завершения. Отдельные процессы проекта могут осуществляться в любой момент жизненного цикла и на любом уровне иерархии проектов как в соответствии с проектными планами, так и с учетом непредвиденных обстоятельств. Уровень точности и формализации, с которой осуществляются процессы проекта, зависит от сложности самого проекта и проектных рисков.

Планирование исследования операции, оценка и контроль являются ключевыми процессами практически для всех видов управления.

Цель процесса управления оценкой проекта заключается в определении статуса проекта. В ходе этого процесса периодически или при возникновении важных событий проводится оценка развития проекта и достижений относительно требований, планов и целей бизнеса. В случае обнаружения существенных отклонений информация о результатах оценки сообщается заинтересованным сторонам для осуществления адекватных управляющих воздействий.

В результате успешного осуществления процесса оценки проекта:

- становятся доступными показатели или результаты оценки рабочих характеристик проекта;
- оценивается адекватность ролей, обязанностей и полномочий участников проекта;
- оценивается адекватность ресурсов и услуг, необходимых для реализации проекта;
- анализируются отклонения от планируемых значений показателей рабочих характеристик проекта;
- заинтересованные стороны информируются о статусе проекта.

В системном анализе обычно считают, что выбор – это уже принятие решений. Однако из представленных элементов процесса проекта мы видим, что между элементами «оценка проектов» и «принятие решений» включен и элемент «процесс контроля проекта».

Цель процесса контроля проекта заключается в организации исполнения плана проекта и обеспечении гарантий реализации проекта в соответствии с планами и графиками в пределах бюджета проекта и гарантий удовлетворения технических целей.

В результате управления процессом принятия решений:

- определяются и совершаются корректирующие действия, если результаты проекта не соответствуют запланированным заданиям;
- инициируется перепланирование проекта, если цели проекта или ограничения изменились, или допущения, сделанные при планировании, оказались неверными;
- санкционируются действия по переходу от одного запланированного этапа или события к следующему (при условии успешной реализации предыдущего этапа или события);
- достигаются цели проекта.

В соответствии с ГОСТ ИСО 15288- 2002 цель процесса принятия решений заключается в выборе из существующих альтернатив наиболее предпочтительного направления проектных действий. Этот процесс является реакцией на возникающие в процессе жизненного цикла системы запросы о принятии решений, направленных на достижение заданных, желаемых или оптимальных результатов вне зависимости от характера или источников таких запросов. Альтернативные действия анализируются, и выбирается направление действий. Решения и их обоснование документируются для поддержки принятия решений в будущем.

В результате успешного осуществления процесса принятия решений:

- определяется стратегия принятия решений;
- определяются альтернативные направления действий;
- выбирается наиболее предпочтительное направление действий;
- принятое решение, его обоснование и допущения документируются и доводятся до сведения заинтересованных сторон.

Процесс принятия решения – это процесс, в результате которого поставленная проблема получает разрешение. Теории принятия решений посвящено достаточно много работ. В общем виде процесс принятия решения с технологической точки зрения хорошо изложен в методической разработке Новосибирского государственного технического университета, который можно представить в виде этапов решений [21]:

- Этап 1. Целевыявление.
- Этап 2. Формирование целей.
- Этап 3. Выработка решений.
- Этап 4. Выбор решений.
- Этап 5. Оценка решений.
- Этап 6. Принятие решения.
- Этап 7. Реализация решения.

Этап 1 является важным и определяющим, так как дает ответы на вопросы: какую проблему и в каких условиях нужно решать; когда ее нужно решать; какими силами и средствами она будет решаться.

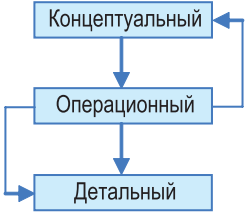
На втором этапе формулируются цели системы. Чем точнее будут сформулированы цели системы, тем легче выбрать средства их достижения. Методологической основой этапа формирования целей является системный анализ с использованием экспертных методов.

На третьем этапе вырабатываются альтернативные варианты решений, осуществляется поиск различных путей достижения поставленных целей. Формами генерирования альтернатив могут быть мозговой штурм, разработка сценариев и деловые игры.

Выбор решений из множества альтернативных производится ЛПР на четвертом этапе на основе сформированного критерия, по которому судят о степени достижения намеченной цели. Критерием полезности альтернативного решения может быть любой ее признак или множество признаков, измеренные на качественном либо количественном уровне. Для описания цели часто вводятся несколько критериев таким образом, чтобы они более полно характеризовали цель. Критерии для выбора решений определяются методами экспертного анализа и аппаратом математической статистики.

На пятом этапе на основе модели оценки альтернативных решений, учитывающей сложившуюся ситуацию, цели, множество ограничений, варианты решений производится оценка решений через систему предпочтений ЛПР для выбора наилучшего решения. Данная задача может решаться в условиях неопределенности, порожденной влиянием внешней среды на оценку альтернативных решений, которая может быть учтена с помощью известных приемов из теории вероятностей. При отсутствии неопределенности (в случае определенности) многие задачи принятия решений решают известными методами оптимизации.

Таблица 3. Иерархия уровней принятия решений

Уровни принятия решений	Объект исследования	Цель исследования	Модель	Показатели и критерии эффективности
	Система	Анализ концепций проведения операции. Определение перечня подцелей и задач, подсистем, условий их функционирования. Формирование «облика» системы.	Аналитическая	Степень достижения цели операции. Критерий пригодности. Критерий адаптивности.
	Подсистема	Анализ способов выполнения задач подсистемами. Определение обобщенного облика подсистем и средств, общие требования к качеству их элементов.	Имитационная	Степень выполнения задач подсистемами. Критерий пригодности. Критерий оптимальности.
	Элемент	Детальный анализ качества элементов.	Статистическая	Детальный анализ качества элементов.

Примечание. Для достижения поставленной цели необходима целенаправленная деятельность – операция. Операция есть система целенаправленных действий, объединенных общим замыслом и единой целью. Понятие операции включает три определяющих момента [22]: 1) управляющая деятельность человека (ЛПР), организующего операцию на основе выбора рационального использования активных средств для достижения цели операции; 2) активные средства (технические системы, ресурсы), находящиеся в распоряжении управляющего органа и используемые в операции в соответствии с выбранным способом (стратегии управления); 3) другие средства (системы), непосредственно взаимодействующие с активными средствами.

Самым важным является шестой этап, на котором необходимо выбрать решение для его последующей реализации по определенному алгоритму, выбирающему одно единственное решение, лучшее по некоторому критерию или принципу оптимальности.

При принятии решений по многим частным критериям (векторных задач оптимизации) возникают дополнительные трудности определения лучшего с точки зрения ЛПР компромиссного решения из множества допустимых по локальным критериям. Если требуется определить единственное наилучшее решение, то множество допустимых решений сводится к множеству Парето и в нем происходит поиск решения на основе некоторой схемы.

Седьмой этап реализует собственно достигнутое решение. План реализации выбранного решения должен дать ответы на вопросы, кто и что должен делать, какими средствами и в какие сроки. Конкретизация решения по исполнителям может производиться посредством задачи о назначениях исполнителей на выполнение комплекса работ, по срокам и объектам работ – методами сетевого планирования и управления.

Процесс принятия решений может проходить на различных иерархических уровнях. Различают концептуальный, операциональный и детальный уровни принятия решений [22]. В табл. 3 приведены особенности каждого уровня общей иерархии принятия решений и их взаимосвязь при исследовании СТС.

Так, при исследовании основных концепций проведения операции, определении предварительного перечня подцелей операции и задач подсистем сложной технической системы, формировании ее «концептуального» облика необходимо многократно и оперативно решать задачу синтеза через анализ, с целью отбраковки заведомо «худших» альтернатив. Здесь используются концептуальные модели.

На операциональном уровне исследований, когда определены цели, задачи и условия функционирования подсистемы, выявлена рациональная логика развития операции, можно учесть дополнительные факторы и построить более сложную модель для оценивания эффективности выполнения задач подсистемами сложной технической системы. Результатом этого этапа являются обобщенный облик подсистем и средств достижения цели, формулировка общих требований к качеству их элементов. Используемые на операциональном уровне модели, как правило, реализуются в виде сложных имитационных систем.

Уровень детального исследования предполагает создание подробных математических, физических и натурных моделей элементов подсистем для анализа их качества. Так как на этом этапе оперируют, как правило, фактическим материалом, используя методы планирования эксперимента, математической статистики и другие, то модели этого уровня являются в основном статистическими. Такая трехуровневая декомпозиция общей задачи принятия решений позволяет установить жизнеспособность выдвинутой концепции проведения операции и порождает единый (системный) взгляд на операцию и процесс принятия решений как с точки зрения ее цели, так и с учетом возможности других подсистем и средств. Она позволяет проводить оценку принимаемых решений на нижележащих уровнях с использованием известных методов исследования операций (условия и цели точно определены).

Выводы

1. Процедура принятия решений является сложным событием и одним из основных процессов при создании объектов СТС на всех этапах жизненного цикла. Принятие решения при этом происходит в результате наблюдения целого цикла событий: целевыявления, формирования новых и альтернативных идей выработки, обоснованных решений, получение оценки возможных решений, собственное принятие решений реализации решений.

2. Решение задачи по созданию эффективных объектов СТС сводится, как правило, к выбору одной или нескольких альтернатив из числа заданных. Для того чтобы обоснованно сделать такой выбор, необходимо четко определить цель, задачи и критерии (показатели качества), по которым будет проводиться сама оценка некоторого набора альтернативных вариантов.

Литература

1. Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. – М.: Мир, 1974. – 550 с.
2. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.
3. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
4. Андрианов Ю.М. Квалиметрия машиностроительной продукции. – Л.: Машиностроение, 1990. – 271 с.
5. Методы квалиметрии в машиностроении / А.И. Владимиров, В.Я. Кершенбаум, М.П. Поликарпов и др.; Под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.В. Хвастунова – М.: Технонефтегаз, 1999. – 211 с.
6. Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции. Учебник – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», Рилант, 2000. – 328 с.
7. Федюкин В.К. Квалиметрия. – СПб.: СПбГИЭУ, 2009. М. – 365 с.
8. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ. – Минск: Новое знание: М.: ИНФРА-М, 2012. – 440 с.
9. Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня оружия – важный фактор его развития // Военный парад. – 1995 – № 1-2. – С. 174-176 (С. 87-89 – на англ. яз.).
10. Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
11. Семенов С.С. Оценка технического уровня систем наведения управляемого авиационного оружия класса «воздух-поверхность» // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2006. – № 8 – С. 7-11; № 9 – С. 13-23; № 10 – С. 12-18.
12. Семенов С.С., Щербинин В.В. Метод оценки технического уровня систем наведения управляемых авиационных бомб // Вопросы оборонной техники. Сер. 9. Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы. – М.: ФГУП «НТЦ «Информтехника», 2010. – Вып. 1 (242) – 2 (243). – 108 с. – С. 29-32.
13. Семенов С.С. Опыт научного признания новых методических подходов к оценке технического уровня образцов вооружения и военной техники на при-мере управляемых авиационных бомб // Боеприпасы. – 2007. – № 5-6. – 214 с.
14. Спиркин А.Г. Основы философии. – М.: Политиздат, 1988. – 592 с. – С. 179.
15. Цвиркун А.Д. Структура сложных систем. – М.: Советское радио, 1975. – 200 с.
16. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
17. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 – 2005. Национальный российский стандарт. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем ISO/IEC 15288:2002 (System engineering – System life cycle processes (IDT)). – М. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2006. – 54 с.
18. Половинкин В., Дышкантюк А. Системный подход к оценке жизненного цикла вооружения ВМФ и методы его реализации // Морской сборник. – 2009. – № 7. – С. 23-28.
19. Райфа Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределенности). – М.: Наука, Гл. ред. физ.- мат. лит., 1977. – 408 с.
20. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Системный анализ стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций. – М. Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 304 с.
21. Самков Т.Д. Теория принятия решений: конспект лекций. – Новосибирск: – НГТУ, 2010. – 107 с.
22. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т.3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.